

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-138076

(43)公開日 平成 6 年(1994) 5 月20日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 27/22	C	7414-2 J		
G 0 1 R 27/22	Z	8117-2 G		

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平4-289850

(22)出願日 平成 4 年(1992)10月28日

(71)出願人 000006231

株式会社村田製作所  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72)発明者 脇野 喜久男

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72)発明者 湯川 克巳

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72)発明者 今川 俊次郎

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

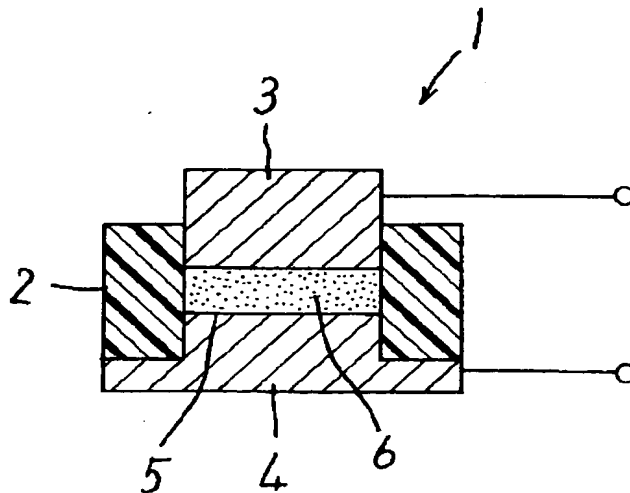
(74)代理人 弁理士 深見 久郎 (外 2 名)

(54)【発明の名称】 粉体の比誘電率の測定方法

(57)【要約】

【構成】 粉体 6 を、一定の間隔を置いて対向する 1 対の電極部材 3、4 の間に入れ、粉体 6 と空気との複合系において、粉体容積割合を 0.35~0.45 に設定し、測定周波数を 1MHz 以上として、複合系の見掛けの比誘電率を測定し、その実測値を、対数混合則またはリヒトネッカロータの式に適用して、粉体の比誘電率を求める。

【効果】 高い信頼性をもって、対数混合則またはリヒトネッカロータの式を適用して、粉体の比誘電率を求めることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一定の間隔を置いて対向する1対の電極が配置された容器内に、比誘電率を測定すべき粉体を入れ、前記1対の電極間に電圧を印加して、前記粉体と空気との複合系の見掛けの比誘電率を測定し、その実測値 $\epsilon$ を下式：

$$\log \epsilon = v_1 \log \epsilon_1 + v_2 \log \epsilon_2、$$

または

$$\epsilon^k = v_1 \epsilon_1^k + v_2 \epsilon_2^k \quad (-1 \leq k \leq 1)$$

ただし、 $\epsilon_1$ ：粉体の比誘電率

$\epsilon_2$ ：空気の比誘電率（＝1）

$v_1$ ：粉体の容積割合

$v_2$ ：空気の容積割合

に入れることにより、粉体の比誘電率 $\epsilon_1$ を求める、粉体の比誘電率の測定方法において、前記1対の電極間にある前記粉体と空気との複合系における粉体容積割合が0.35～0.45に設定されるとともに、前記1対の電極間に印加される電圧が1MHz以上の周波数を有するものとされることを特徴とする、粉体の比誘電率の測定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、粉体の比誘電率の測定方法に関するもので、特に、粉体と空気との複合系の見掛けの比誘電率を測定した後、対数混合則またはリヒトネッカロータの式を適用して粉体の比誘電率を求める、粉体の比誘電率の測定方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】たとえば、電子部品の分野において、種々の誘電体が用いられているが、電子部品の設計にあたっては、用いられる誘電体の比誘電率を把握する必要がある。電子部品に適用される、たとえばセラミックのような無機誘電体は、通常、粉体の状態で用意される。したがって、このようなセラミックのような無機誘電体の比誘電率を評価するにあたっては、一般的には、セラミック等の粉体を、バインダとともに成形した後、焼成し、その表面に銀電極等を付与して、比誘電率を測定することが行なわれている。

【0003】しかしながら、上述したような比誘電率の測定方法は、それほど能率的ではないという問題がある。この問題を解決するため、粉体の比誘電率を、粉体の状態のままで求める方法も提案されている。その方法は、以下のとおりである。

【0004】すなわち、一定の間隔を置いて対向する1対の電極が配置された容器が用意され、この容器内に、比誘電率を測定すべき粉体が入れられる。その状態で、1対の電極間に電圧を印加して、粉体と空気との複合系の見掛けの比誘電率が測定される。このようにして、実測された粉体と空気との複合系の見掛けの比誘電率 $\epsilon$ から、対数混合則またはリヒトネッカロータの式のような

混合材料の比誘電率を算出する式を用いて、粉体の比誘電率が求められる。より具体的には、

〔対数混合則〕

$$\log \epsilon = v_1 \log \epsilon_1 + v_2 \log \epsilon_2、$$

または

〔リヒトネッカロータの式〕

$$\epsilon^k = v_1 \epsilon_1^k + v_2 \epsilon_2^k \quad (-1 \leq k \leq 1)$$

ただし、 $\epsilon_1$ ：粉体の比誘電率

$\epsilon_2$ ：空気の比誘電率（＝1）

$v_1$ ：粉体の容積割合

$v_2$ ：空気の容積割合

が用いられることにより、粉体の比誘電率 $\epsilon_1$ が計算される。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した対数混合則またはリヒトネッカロータの式は、混合材料の比誘電率を近似的に算出するのには便利ではあるが、これらには、理論的根拠がない。そのため、対数混合則またはリヒトネッカロータの式から算出された複合系の比誘電率の値は、同じ複合系の比誘電率の実測値からずれることがある。このことは、求めようとする粉体の比誘電率の値に対する信頼性が低いことを意味する。

【0006】そこで、この発明は、上述したような対数混合則またはリヒトネッカロータの式を適用して粉体の比誘電率を求めるに際して、その信頼性を高めることができる、粉体の比誘電率の測定方法を提供しようとすることである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】この発明は、前述したように、一定の間隔を置いて対向する1対の電極が配置された容器内に、比誘電率を測定すべき粉末を入れ、前記1対の電極間に電圧を印加して、前記粉体と空気との複合系の見掛けの比誘電率を測定し、その実測値 $\epsilon$ を、下式：

〔対数混合則〕

$$\log \epsilon = v_1 \log \epsilon_1 + v_2 \log \epsilon_2、$$

または

〔リヒトネッカロータの式〕

$$\epsilon^k = v_1 \epsilon_1^k + v_2 \epsilon_2^k \quad (-1 \leq k \leq 1)$$

ただし、 $\epsilon_1$ ：粉体の比誘電率

$\epsilon_2$ ：空気の比誘電率（＝1）

$v_1$ ：粉体の容積割合

$v_2$ ：空気の容積割合

に入れることにより、粉体の比誘電率 $\epsilon_1$ を求める、粉体の比誘電率の測定方法に向けられるものである。

【0008】本発明者は、上述した対数混合則またはリヒトネッカロータの式を用いる場合、粉体と空気との複合系の見掛けの比誘電率を測定する条件を適宜に選べば、高い信頼性をもって粉体の比誘電率を求められることを見出した。この発明は、このような信頼性の高い

測定を可能とする条件を提供しようとするもので、1対の電極間にある粉体と空気との複合系における粉体容積割合が0.35～0.45に設定されるとともに、1対の電極間に印加される電圧が1MHz以上の周波数を有するものとされることを特徴としている。

#### 【0009】

【作用】この発明において、粉体と空気との複合系における粉体容積割合が0.35～0.45に設定されることにより、このような複合系の比誘電率が、計算値と実測値との間であまり差がないことが、実験により確認された。

【0010】また、この発明において、1対の電極間に、1MHz以上の周波数を有する電圧を印加することにより、水分に影響をほとんど受けることなく、比誘電率を測定できることが、実験により確認された。

#### 【0011】

【発明の効果】したがって、この発明によれば、対数混合則またはリヒトネッカロータの式を用いて、粉体の比誘電率を、粉体の状態のまま、高い信頼性をもって求めることができる。その結果、セラミックのような無機誘電体の比誘電率を求めるため、粉体を、バインダと混合して、成形し、焼成し、さらに銀電極等を付与するといった工程が不要となり、能率的な測定が可能となる。そのため、このような誘電体を用いる電子部品の設計が容易になる。

#### 【0012】

【実施例】図1は、この発明の一実施例による粉体の比誘電率の測定方法に適用される測定容器1を示す断面図である。測定容器1は、たとえば内径10mmの電気絶縁性のリング2を備える。このリング2には、金属のような導電体からなる第1および第2の電極部材3および4が嵌合され、それによって、閉じられた空間5が形成される。この空間5内には、比誘電率を測定すべき粉体6が充填される。第1の電極部材3と第2の電極部材4との間の間隔は、たとえば1mmと一定にされる。

【0013】このような測定容器1を用いながら、第1および第2の電極部材3および4間に電圧を印加して、

粉体6と空気との複合系の見掛けの比誘電率が測定される。このとき、当然、測定容器1が与える比誘電率の分は補正される。

【0014】このようにして得られた粉体と空気との複合系の見掛けの比誘電率 $\epsilon$ が、前述した対数混合則またはリヒトネッカロータの式に適用される。対数混合則またはリヒトネッカロータの式において、空気の比誘電率 $\epsilon_2$ は「1」と既知であり、また、粉体の容積割合 $v_1$ および空気の容積割合 $v_2$ は、それぞれ、測定容器1の空間5内に入れる粉体6の量により決まる。したがって、粉体と空気との複合系の見掛けの比誘電率 $\epsilon$ がわかれば、粉体の比誘電率 $\epsilon_1$ を求めることができる。

【0015】この発明では、上述した測定容器1を用いての粉体と空気との複合系の見掛けの比誘電率の測定に際し、第1および第2の電極部材3および4間にある粉体6と空気との複合系における粉体容積割合が0.35～0.45に設定され、第1および第2の電極部材3および4間に印加される電圧が1MHz以上の周波数を有するものとされる。以下に、このような条件を選んだ根拠となる実験例について記載しておく。

【0016】図1に示した測定容器1を用いて、第1および第2の電極部材3および4の間隔を一定にしなから、粉体容積割合を0.2～0.55の範囲で変え、第1および第2の電極部材3および4間に1MHzの周波数を有する電圧を印加し、室温（25℃）にて、粉体6と空気との複合系の比誘電率を測定した。また、粉体6として、チタン酸カルシウムの粉体を用いた。

【0017】表1には、種々の粉体容積割合における複合系の比誘電率の実測値が、計算値と併せて示され、また、実測値の計算値からのずれが示されている。また、このずれは、 $[(\text{実測値}) - (\text{計算値})] / (\text{実測値})$ の式に基づき計算したものである。また、計算値は、既知のチタン酸カルシウムの比誘電率から対数混合則に基づき複合系の比誘電率を求めたものである。

#### 【0018】

#### 【表1】

粉体割合	実測値	計算値	ず れ
0. 2	1. 68	2. 83	-0. 68
0. 3	2. 69	4. 75	-0. 77
0. 35	4. 32	6. 16	-0. 54
0. 4	6. 44	8. 00	-0. 24
0. 43	8. 69	9. 09	-0. 05
0. 45	11. 8	10. 4	0. 12
0. 48	17. 9	11. 8	0. 34
0. 5	20. 9	13. 4	0. 36
0. 55	29. 5	17. 4	0. 41

上述した表1に示した実測値および計算値は、図2および図3にも示されている。図2および図3では、横軸がチタン酸カルシウム（CT）の容積割合を示し、縦軸が「ε割合」すなわちチタン酸カルシウムの容積割合が「1」のときの比誘電率を「1」としたときの比誘電率の値を示している。また、図3は、図2の一部を拡大して示したものである。

【0019】上述した表1、図2および図3から、粉体容積割合が0.35～0.45の範囲内で、ずれが-0.54～+0.12となり、この範囲内であれば、対数混合則により、高い信頼性をもって、粉体の比誘電率を求められることがわかる。特に、粉体容積割合が0.43のとき、ずれが最小となっている。ここで、粉体容

積割合を0.43とし、実測値から対数混合則を用いてチタン酸カルシウムの比誘電率を求めたところ、「168」の値が得られ、その焼結品の公称値である「180」に対し、93.3%といった優れた一致を見ることができた。

【0020】次に、粉体容積割合を0.43とし、図1に示した測定容器1における第1および第2の電極部材3および4間に印加される電圧の周波数を1kHz～1MHzの範囲で変化させて、粉体6と空気との複合系の見掛けの比誘電率および誘電正接DFを測定した。その結果が、表2に示されている。

【0021】

【表2】

周波数	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz
比誘電率	17. 2	11. 3	9. 29	8. 69
DF	. 208	. 040	. 010	. 003

表2における特に誘電正接DFに注目すると、周波数が高くなるほど、誘電正接DFが小さくなっており、このことから、周波数を1MHz以上にすれば、粉体に含まれる水分の影響をほとんど受けることなく、比誘電率を測定できることがわかる。

【0022】なお、上述した実験例では、比誘電率を対数混合則に基づいて評価したが、リヒトネッカロータの式に基づいて評価しても、実質的に同様の結果が得られる。一例を示すと、リヒトネッカロータの式において、 $k=0.042$ としたとき、この式が最も高い信頼性のある結果を与え、たとえば、粉体容積割合 $v_1=0.4$ で、ずれがわずか0.03となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例による粉体の比誘電率の測定方法を実施するための測定容器1を示す断面図である。

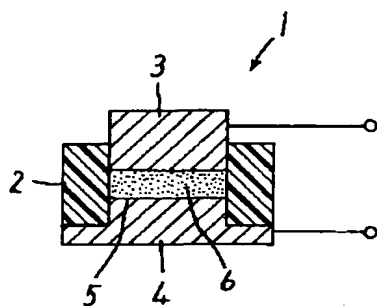
【図2】チタン酸カルシウムと空気との複合系の比誘電率の実測値を計算値と併せて示す図である。

【図3】図2の主要部の拡大図である。

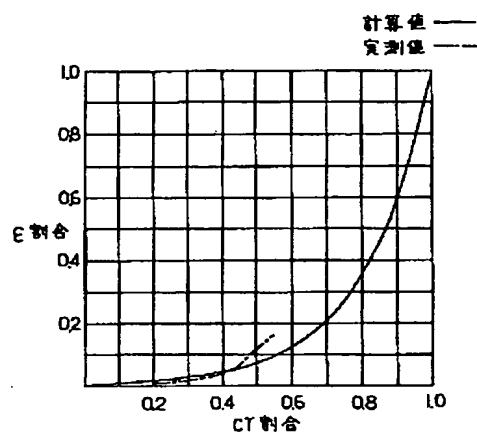
【符号の説明】

- 1 測定容器
- 3, 4 電極部材
- 6 粉体

【図1】



【図2】



【図3】

